

Aus der Frauenklinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Leitung: Prof. Dr. med. V. Friedberg

ULTRASCHALLUNTERSUCHUNGEN
ZUR BIOMETRIE DES FRUCHTSACKES
IN DER FRÜHSCHWANGERSCHAFT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Hans-Egon Weiler
aus Polch

Mainz 1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552619_0065

Aus der Frauenklinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Leitung: Prof. Dr. med. V. Friedberg

ULTRASCHALLUNTERSUCHUNGEN
ZUR BIOMETRIE DES FRUCHTSACKES
IN DER FRÜHSCHWANGERSCHAFT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Hans-Egon Weiler
aus Polch

Mainz 1979



Fachbereichsdekan:

Prof. Dr. med. H. Leithoff

1. Gutachter:

Prof. Dr. med. A.-W. Schmidt

2. Gutachter:

Prof. Dr. med. F. Melchert

Tag der mündlichen Prüfung: 24.10.1979

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG	4
B. METHODIK	6
1. Physikalische und technische Grundlagen	6
2. Biologische Wirkung des Ultraschalls	9
3. Patientengut	10
4. Apparatur	12
5. Untersuchungstechnik	13
6. Statistik	17
C. ERGEBNISSE	18
1. Querschnittsanalyse	18
2. Längsschnittsanalyse	23
3. Korrelationen	27
4. Volumenberechnung	28
D. DISKUSSION	30
E. ZUSAMMENFASSUNG	38
F. LITERATURVERZEICHNIS	40

A. EINLEITUNG

Seit 1958, als DONALD, MAC VICAR u. BROWN zum erstenmal über Anwendungsmöglichkeiten des Ultraschalls in der Geburtshilfe berichteten, sind Ultraschalluntersuchungen zu einem wichtigen diagnostischen Mittel in der Schwangerschaftsbetreuung geworden. Heute nehmen Fetometrie, Lagebestimmung des Feten, Plazentalokalisation und der Nachweis fetaler Herzaktionen mittels Ultraschall einen festen Platz in der klinischen Überwachung der zweiten Schwangerschaftshälfte ein.

In jüngster Zeit kommt den Ultraschalluntersuchungen in der Frühschwangerschaft zunehmend besondere Bedeutung zu, weil nur sie es ermöglichen, die intrauterine Entwicklung der menschlichen Frucht direkt zu verfolgen.

Die früheste klinische Anwendung liegt im Nachweis einer Gravidität. Während DONALD u. BROWN (1961) erstmals Echos fetale Ursprungs ab der 10. Schwangerschaftswoche (SSW) feststellen konnten, gelang es DONALD u. ABDULLA (1967) mit Hilfe der Volle-Blase-Technik schon in der 5. - 6. SSW einen runden oder ovalen Ring innerhalb des Uterus als Zeichen einer Gravidität darzustellen. Daher kann heute die Diagnose einer Schwangerschaft durch Ultraschall sicher und frühzeitig gestellt werden.

Die Ultraschalltechnik ermöglicht die Beobachtung von mütterlichen und fetalen Meßgrößen, die Rückschlüsse auf die Entwicklung der Frühschwangerschaft zulassen. So wird neben der Uterusgröße, der Fruchtlänge, fetalen Herzaktionen und fetalen Spontanbewegungen vor allem auch der Größe des Fruchtsackes eine diagnostische und prognostische Bedeutung zuerkannt.

Im Rahmen der o.g. Möglichkeiten und insbesondere im Hinblick auf die Bedeutung der Fruchtsackgröße als Kriterium für einen physiologischen oder gestörten Schwangerschaftsverlauf erscheint es uns angemessen und wichtig, Messungen des Fruchtsackes an einem Patienten-gut mit ausschließlich ungestörtem Schwangerschaftsverlauf durchzuführen.

Dabei soll in dieser Arbeit anhand von

- (a) einmaligen Untersuchungen an 123 Schwangeren, deren Schwangerschaftsverlauf klinisch unauffällig war, die Fruchtsackgröße in den einzelnen Schwangerschaftswochen zwischen 8. und 16. Woche bestimmt und überprüft werden, welche Relation zwischen der Fruchtsackgröße und der Schwangerschaftsdauer besteht (Querschnittsanalyse);
- (b) Mehrfachuntersuchungen an insgesamt 14 Schwangeren in verschiedenen Schwangerschaftswochen sollen das Wachstumsverhalten des Fruchtsackes im o.g. Zeitraum verdeutlichen (Längsschnittsanalyse);
- (c) durch Ausmessung des Fruchtsackes in 3 Dimensionen wird geprüft, welcher Durchmesser für den klinischen Gebrauch der nützlichste ist;
- (d) Zusammenhänge zwischen Fruchtsackgröße und mütterlichen Faktoren, wie Alter und Parität, oder kindlichen Parametern, wie Geschlecht, Geburtsgewicht und Geburtslänge, werden durch Korrelationsberechnungen geprüft;
- (e) schließlich soll durch Berechnung des Fruchtsackvolumens festgestellt werden, ob sich diese Größe zur Bestimmung des Schwangerschaftsalters eignet und inwieweit die Spontanaktivität des Feten von dem ihm zur Verfügung stehenden Raum abhängt.

B. METHODIK

1. Physikalische und technische Grundlagen

a. Physik des Ultraschalls

Schallwellen, die im Frequenzbereich von $18000 - 10^{10}$ Hz liegen und damit für das menschliche Ohr nicht wahrnehmbar sind, werden als Ultraschall bezeichnet (BERGMANN, 1954). Die Erzeugung dieser hochfrequenten Schallwellen erfolgt mit Hilfe des piezoelektrischen Effektes. Danach geraten manche Kristalle, z.B. Quarz oder Bariumtitanat, bei Anlegen einer Wechselspannung in gleichfrequente Schwingungen. Dieses Phänomen der Umwandlung elektrischer in mechanische Energie ist umkehrbar, d.h. derselbe Kristall kann sowohl als Sender wie auch als Empfänger wirken.

Die in der medizinischen Diagnostik benutzten Schallwellen von 1 - 15 MHz benötigen zur vorwiegend longitudinalen Ausbreitung feste oder flüssige Medien. Eine Ausbreitung in Gasen ist im Gegensatz zum Hörschall nicht möglich. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ultraschalls hängt von der Dichte und den elastischen Eigenschaften des durchlaufenen Mediums ab.

Die medizinische Ultraschalldiagnostik beruht auf der Auswertung von reflektierten Wellen, die an Grenzflächen von Geweben mit unterschiedlicher akustischer Impedanz entstehen. Unter akustischer Impedanz oder Schallwiderstand versteht man das Produkt $\rho \cdot v$, aus Dichte des Mediums und der Geschwindigkeit der Schallausbreitung in diesem Medium.

Durchläuft ein Schallbündel ein Medium 1 mit der akustischen Impedanz $\rho_1 \cdot v_1$ und trifft auf eine Grenzfläche zu einem Medium 2 mit der akustischen Impedanz $\rho_2 \cdot v_2$, so tritt ein Teil der Schallwellen unter Brechung in das Medium 2, während der andere Teil reflektiert wird und ein Echo hervorruft (Abb. 1).

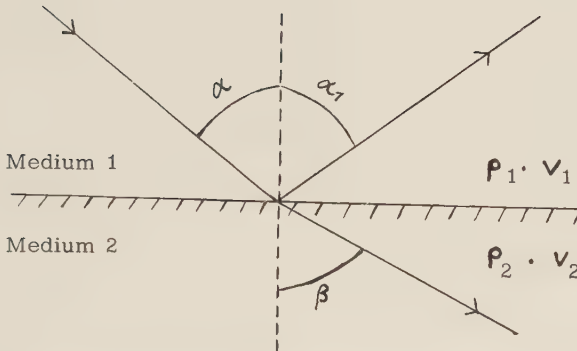


Abb. 1: Reflexion und Brechung des Schallbündels an einer glatten Grenzfläche; ρ = Schalldichte, v = Schallgeschwindigkeit

Dabei gelten die aus der Optik bekannten Gesetze, daß der Einfallswinkel α gleich dem Reflexionswinkel α_1 ist und daß das Verhältnis der Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels gleich dem Verhältnis der Schallgeschwindigkeit in beiden Medien ist:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Die Größe der reflektierten Energie ist dabei abhängig von der akustischen Impedanz der verschiedenen Medien:

$R = \left(\frac{\rho_1 \cdot v_1 - \rho_2 \cdot v_2}{\rho_1 \cdot v_1 + \rho_2 \cdot v_2} \right)^2$ (BERGMANN, 1964). Aus der Gleichung geht hervor, daß der Anteil der reflektierten Energie umso größer ist, je mehr sich die beiden Schallwiderstände unterscheiden. An der Grenze Luft zu Gewebe beträgt der Reflexionsfaktor $R = 0.99$, d.h. es tritt praktisch Totalreflexion ein. Um das zu verhindern, verwendet man Koppelungssubstanzen zwischen Schallkopf und Körperoberfläche. Zwischen Muskel und Fett hingegen beträgt $R = 0.08$ (HILL u. ENG, 1968), d.h. an dieser Grenze wird nur 8 % der Schallenergie reflektiert, während der überwiegende Anteil in tiefere Schichten eindringen kann.

Die Energie der reflektierten Welle ist infolge der Absorption des Gewebes immer niedriger als die der einfallenden Welle. Die Schallabsorption in einem Medium folgt der e-Funktion $I_x = I_0 \cdot e^{-2ax}$, wobei x die durchlaufene Strecke und a den Absorptionskoeffizienten darstellt. Ursache für die Absorption ist die Umwandlung eines Teils der kinetischen Energie der bewegten Teilchen in Wärme. Dieser Effekt wird in der Ultraschalltherapie durch Verwendung hoher Intensitäten genutzt, während er bei den zu diagnostischen Zwecken benutzten Intensitäten zu vernachlässigen ist.

b. Ultraschallgeräte in der medizinischen Diagnostik

In der medizinischen Ultraschalldiagnostik finden 3 Gerätetypen Anwendung: das Dopplergerät, A- und B-Bild-Geräte.

In der Geburtshilfe, Kardiologie und Angiologie wird das Dopplergerät zum Nachweis von Pulsationen (z.B. fetale Herzaktionen) benutzt (BERNSTINE u. CALLAGAN, 1966; BARTON, 1968; u.a.).

A- und B-Bild-Geräte arbeiten nach dem Impulsechoverfahren. Hierbei sendet ein Schallkopf periodenartig Ultraschallimpulse aus. Die an den Grenzflächen entstehenden Echos werden vom gleichen Schallkopf, der unmittelbar nach Impulsabgabe auf Empfang umschaltet, zeitlich nacheinander empfangen und in elektrische Impulse umgewandelt. Diese Impulse werden verstärkt und auf einem Oszillographenschirm sichtbar gemacht.

Beim eindimensionalen Impulsechoverfahren (A-Bild) werden die reflektierten Impulse als Zacken dargestellt, deren Amplituden den Echointensitäten entsprechen. A-Bild-Geräte eignen sich wegen der Meßgenauigkeit zur Bestimmung des biparietalen Durchmessers (DONALD, 1965 u. 1967; THOMPSON et al., 1965; u.a.), des Thoraxdurchmessers

(HANSMANN, 1972; SCHLENSKER, 1973) und der Conjugata vera (HINSELMANN, 1968; MACHELEIDT u. DOIL, 1971), werden aber auch zur Plazentalokalisation (KRATOCHWIL, 1968) herangezogen. Wegen der Vielfalt von Reflexionsflächen im menschlichen Körper erfordert die Interpretation der Zackenschrift vom Untersucher viel Erfahrung (KRATOCHWIL, 1968).

Beim zweidimensionalen Impulsechoverfahren (B-Schnittbild) werden die Schallreflexe als Leuchtpunkte dargestellt. Die Summation der Lichtpunkte ergibt das Schnittbild der beschallten Region. Dieses Verfahren erlaubt auch dem weniger Geübten eine rasche Orientierung über Gewebsgrenzen und wird daher für die Praxis empfohlen (LOCH, 1969). Anwendung findet das Schnittbildverfahren besonders in der 2. Schwangerschaftshälfte zur kindlichen Lagebestimmung (TAYLOR, 1967; u.a.), Plazentalokalisation (ABRAMOWSKI u. KOPECKY, 1969; KOHORN et al., 1969; HINSELMANN, 1969) und Bestimmung des biparietalen Durchmessers (HOLLÄNDER, 1972). Aber auch für die Zeit der Frühschwangerschaft haben sich neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnet (ABDULLA, 1969; HELLMAN et al., 1969; HOFFBAUER, 1970; JOUPPILA, 1971; REINOLD, 1972).

2. Biologische Wirkung des Ultraschalls

Tierversuche haben gezeigt, daß Ultraschall in hoher Dosis eine thermische und mechanische Wirkung auf Gewebe ausübt. Dabei kann es zu Schäden am Ovar und Störungen der embryonalen Entwicklung kommen (BRETTSCHEIDER, 1950 u. 1952; THIELE, 1951). LOCH (1973) nennt als schädlichen Schwellenwert eine Ultraschallintensität von 3 Watt/cm^2 . Diese liegt um ein Tausendfaches über den zu diagnostischen Zwecken benutzten Ultraschallintensitäten von $1 - 3 \text{ mWatt/cm}^2$. Zahlreiche mit diagnostischen Intensitäten durchgeführte Untersuchungen (ANDREWS,

1964; SUNDEN, 1964; HELLMAN, 1970; BOYD et al., 1971; ROTT et al., 1972; LOCH, 1973) konnten keine Schädigungen an menschlichen Zellen und Geweben feststellen und damit die von MACINTOSH u. DAVEY, 1970, und SERR et al., 1970, beschriebenen Chromosomenabberationen und Senkung des Mitoseindex nicht bestätigen. Auch Untersuchungen an lebenden Zellen in Form von Beschallung von Spermien (LOCH, 1973) ergaben keine schädigende Wirkung.

FRISCHKORN (1973) weist jedoch darauf hin, daß seit Einführung der Ultraschalldiagnostik erst eine zu kurze Zeit vergangen ist, um von einer gesicherten Unschädlichkeit des Ultraschalls zu sprechen. Nur ein vorsichtiger Optimismus sei wissenschaftlich begründbar.

3. Patientengut

Die vorliegenden Untersuchungen wurden an der I. Universitäts-Frauenklinik Wien vom 1. Januar bis 1. Oktober 1974 durchgeführt.

Zur Auswertung kamen die Meßergebnisse von 123 Schwangeren, welche 28-tägige Regelintervalle hatten und den Zeitpunkt ihrer letzten Menstruation sicher angeben konnten. Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung des Patientengutes hinsichtlich Alter, Parität und Anzahl früherer Aborte.

Die 123 Schwangeren wurden aus einem Patientengut mit bekannter Anamnese und bis zum Zeitpunkt der Untersuchung komplikationslosem Schwangerschaftsverlauf wahllos herausgegriffen. Es spricht daher nichts dagegen, daß es sich um ein repräsentatives Kollektiv von Schwangeren handelt, die üblicherweise an der I. Universitäts-Frauenklinik betreut werden.

ALTER (Jahre)	<20	20 - 29	30 - 39	40 u. älter	Total
Anzahl (n)	3	86	33	1	123
Prozent (%)	3	69	27	1	100

PARITÄT	I	II	III	IV	V	VI	Total
Anzahl (n)	44	43	21	9	5	1	123
Prozent (%)	36	35	17	7	4	1	100

ABORTE	0	1	2	3	Total
Anzahl (n)	80	27	11	5	123
Prozent (%)	65	22	9	4	100

Tab. 1.: Zusammensetzung des Patientengutes

Bei sämtlichen Schwangeren wurden Verlauf und Ausgang der Schwangerschaft verfolgt und Geschlecht, Geburtsgewicht und Geburtslänge des Kindes sowie Dauer der Schwangerschaft notiert.

Da aus dieser Studie alle jene Frauen ausgeschieden wurden, deren Schwangerschaftsverlauf oder Entbindung pathologisch war, handelt es sich hier um ein Patientengut mit ausschließlich physiologischem Schwangerschaftsverlauf.

Insgesamt wurden 183 Untersuchungen zwischen der 8. und 16. Schwangerschaftswoche durchgeführt. Von den 123 Schwangeren wurde in 109 Fällen der Fruchtsack einmal, in 14 Fällen zwischen 5 und 7 mal vermessen.

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Messungen über die Schwangerschaftswochen bei den 109 Schwangeren, bei denen jeweils nur eine Messung vorlag und der 14 zufällig ausgewählten Einzelmessungen bei den 14

Schwangeren, von denen zwischen 5 und 7 Messungen vorlagen. Dieses Material wurde zur Querschnittsanalyse verwendet.

SSW	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	Total
Messungen (n)	12	12	12	14	14	14	15	15	15	123

Tab. 2: Verteilung der zur Querschnittsanalyse verwendeten 123 Einzelmessungen auf die einzelnen Schwangerschaftswochen.

4. Apparatur

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit dem Ultraschallschnittbildgerät VIDOSON 635 der Firma Siemens durchgeführt. Dieses Gerät liefert mit Hilfe eines im Brennpunkt eines zylindrisch-parabolischen Spiegels rotierenden Ultraschallsenders 15 - 16 Schnittbilder pro Sekunde (KRAUSE u. SOLDNER, 1967). Dadurch ist es, im Gegensatz zu Speichergeräten mit langsamem Bildaufbau, möglich, auch Bewegungsabläufe im Körperinnern zu verfolgen.

Die wesentlichen Bestandteile des Gerätes sind der an einem Stativ befestigte Ultraschallapplikator und das Sichtgerät mit Photovorsatz.

Das Stativ läßt Bewegungen des Applikators in allen Richtungen zu. Zusätzlich kann nach Arretierung des Applikators durch Verschiebung des Schallkopfes innerhalb des Applikators die Schnittebene um maximal 3,5 cm parallel verschoben werden. Damit ist eine wertvolle Hilfe zur Einstellung der günstigsten Schnittebene gegeben. Das Gerät arbeitet mit einer Ultraschallfrequenz von 2,5 MHz. Die mittlere Schallintensität liegt bei 10 mWatt/cm^2 . Die auf 16 cm begrenzte Eindringtiefe ist für Ultraschalluntersuchungen in der Frühschwangerschaft ausreichend.

Auf dem 9,3 x 10 cm großen Bildschirm werden Schnittbilder, die im Körper einer Größe von 15 x 16 cm entsprechen, dargestellt. Vor diesem Bildschirm befindet sich eine Rasterscheibe, deren Zeilenabstände einer Entfernung von 2 cm innerhalb des Körpers entsprechen. Das Schnittbild kann mittels eines Photovorsatzes einschließlich Polaroidkassetten sofort festgehalten und der Befund damit dokumentiert werden.

5. Untersuchungstechnik

Die Untersuchung beginnt mit dem Auftragen des Kontaktgels AQUASONIC auf das Abdomen der auf einem Untersuchungsbett liegenden Schwangeren. Durch Verschieben des Applikators zwischen Symphyse und Nabel gewinnt man, unter gleichzeitiger Beobachtung des Leuchtschirmbildes, rasch einen räumlichen Eindruck über das Körperinnere. Dabei war es in den meisten Fällen sofort möglich, den Uterus ausfindig zu machen. Ergaben sich dabei Schwierigkeiten, wurde die Schwangere gebeten, am nächsten Tag mit gefüllter Harnblase wieder zu erscheinen.

Nach Auffinden des Uterus wird der Fruchtsack im Querschnitt dargestellt. Durch Verschieben des Schallkopfes wird der größte Querdurchmesser (D_1) eingestellt und mittels einer genormten Skala direkt am Bildschirm gemessen (Abb. 2 + 3). Anschließend werden, nach Drehung des Applikators um 90° , Uterus und Fruchtsack im Längsschnitt dargestellt und die anterior - posteriore (D_2) und Längenausdehnung (D_3) des Fruchtsackes gemessen (Abb. 4 + 5).

Voraussetzung für die Durchführung der Messung war ein deutlich begrenzter Fruchtsack. Diese deutliche Begrenzung war unserer Erfahrung nach erst ab der 7. - 8. Schwangerschaftswoche immer vorhanden.

Ab der 12. - 13. Schwangerschaftswoche wurde innerhalb des Fruchtsackes die Plazenta sichtbar. Ihre Dicke blieb bei der Messung der Fruchtsackgröße unberücksichtigt.

Die durchschnittliche Dauer für eine Untersuchung betrug 5 - 7 Minuten.

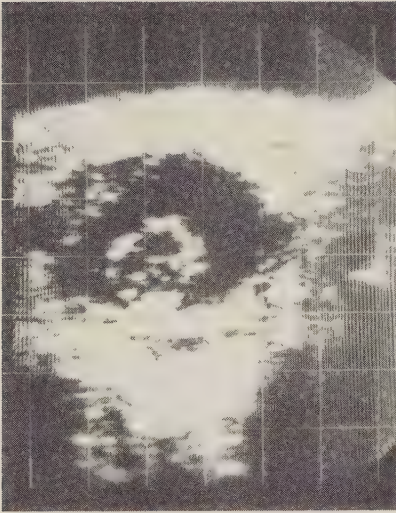


Abb. 2:

Sonogramm eines im
Querschnitt dargestellten
graviden Uterus in der
15. SSW

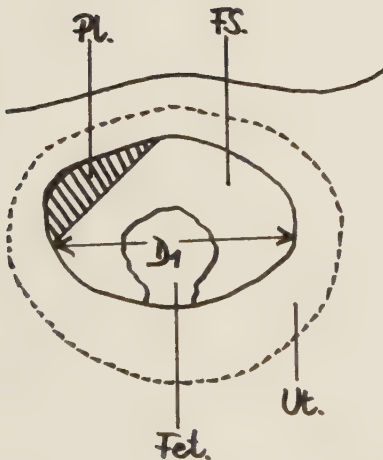


Abb. 3.:

Skizze zu Abb. 2 -

Ut = Uterus,

FS = Fruchtsack,

Fet = Fetus,

Pl = Plazenta,

D₁ = größter Querdurch-
messer des FS.

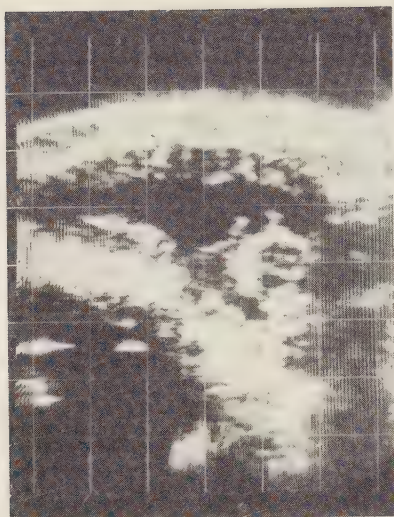


Abb. 4:

Sonogramm eines im Längsschnitt dargestellten graviden Uterus in der 15. SSW

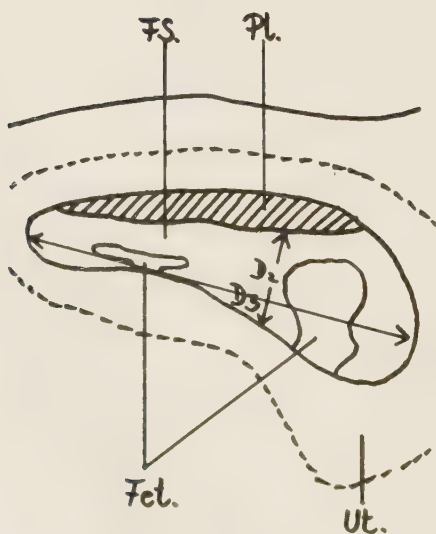


Abb. 5:

Skizze zu Abb. 4 -

Ut = Uterus,

FS = Fruchtsack,

Fet = Fetus,

Pl = Plazenta,

D₂ = größter anterior - posterior Durchmesser,

D₃ = größter Längsdurchmesser des FS.

6. Statistik

Bei der Arbeit wurden neben Berechnungen des arithmetischen Mittelwertes und des $\pm 1 s$ Bereiches die Berechnung und Prüfung der partiellen Korrelationen unter der Annahme normalverteilter Daten ausgeführt (PFANZAGL, 1968).

Des weiteren wurden Standardmethoden der linearen Regression unter der Annahme normal verteilter Beobachtungen verwendet. Dabei wurde einmal die Regression aus Querschnittsuntersuchungen bestimmt, in die jede Schwangere mit je einem Wert einging. In einer weiteren Analyse wurden 14 lineare Regressionsgleichungen für 14 Schwangere berechnet, für die Längsschnittuntersuchungen an 5 - 7 Zeitpunkten vorlagen. Aus diesen 14 Regressionsgleichungen wurde eine gemeinsame Steigung bestimmt (LINDER, 1964).

Bei der Analyse der Querschnittsuntersuchungen ist zu bedenken, daß steigende Streuungen mit steigender Schwangerschaftsdauer zu erwarten sind. Dieses führt daher, daß, ausgehend vom Durchmesser Null, die Stärke des Wachstums zwischen den Schwangeren streut, so daß am Ende die individuellen Regressionsgeraden am stärksten abweichen. Diese Varianzinhomogenität wurde bei der Berechnung der gemeinsamen Regressionsgeraden nicht berücksichtigt.

Die Prüfung der Linearität der Regressionsgeraden für die Querschnittsuntersuchungen erfolgte mit dem Standard-F-Test: der Summe der Abweichungsquadrate zur Regression gegen die Summe der Quadrate innerhalb der gruppierten Beobachtung. Dabei ist zu bedenken, daß die Tests für die 3 Durchmesser nicht unabhängig sind, da ja die Durchmesser korrelieren.

Beim Vergleich der Regressionskoeffizienten für die verschiedenen Durchmesser bei den Längsschnittuntersuchungen wurde der Zeichentest angewandt (DOCUMENTA GEIGY).

C. ERGEBNISSE

1. Querschnittsanalyse

Die aus 123 Einzelmessungen berechnete mittlere Fruchtsackgröße im Zeitraum zwischen 8. und 16. Schwangerschaftswoche (SSW) wird aus den Abb. 6 - 8 ersichtlich.

Der Fruchtsack wächst in seinem mittleren queren Durchmesser von 2 cm in der 8. SSW auf 10,5 cm in der 16. SSW. Ähnliche Größenverhältnisse sind für den Längendurchmesser festzustellen, der im gleichen Zeitraum von 2 cm auf 11,2 cm ansteigt. In seiner anterior-posterioren Ausdehnung ist der Fruchtsack dagegen deutlich kleiner; von 1,5 cm in der 8. SSW wächst er auf 5,2 cm in der 16. SSW.

Die für die einzelnen Fruchtsackdurchmesser ermittelten Regressionsgeraden (Abb. 9 - 11) zeigen einen fast identischen Verlauf für Quer- und Längendurchmesser, mit einem wöchentlichen Wachstum von 1,01 cm (D_1) und 1,06 cm (D_3), während die Gerade für den ant.-post. Durchmesser mit einem wöchentlichen Zuwachs von 0,45 cm deutlich unterhalb der beiden anderen Geraden verläuft.

Die relativ großen Sigtabereiche weisen auf eine große Streuung zwischen den Probandinnen hin. Diese Streuung ist bei einem Rückschluß von der beobachteten y-Variablen (Fruchtsackdurchmesser) auf die Regressionsvariable x (Schwangerschaftswoche) zu beachten. Eine genaue Feststellung der Konfidenzintervalle für einen rückgeschlossenen Wert x kann, unter der Annahme von Normalverteilung der Beobachtung und Gültigkeit des Modells einer linearen Regression, durch statistische Methoden erfolgen, die über diesen Rahmen hinausgehen, zumal die Annahme einer linearen Regression für die Durchmesser nicht angemessen erscheint.

Verfolgt man nämlich die Mittelwerte der einzelnen Durchmesser über den beobachteten Zeitraum, so ist keine kontinuierliche Größenzunahme festzustellen. Es werden vielmehr neben Phasen gleichmäßigen Wachstums solche mit verminderter Größenzunahme deutlich. So ist in allen drei Durchmessern ein verzögertes Wachstum zwischen 10. und 13. Schwangerschaftswoche zu erkennen, im Längsdurchmesser auch noch in der 15. Schwangerschaftswoche. Es wurde daher eine Überprüfung der Linearität der Regressionsgeraden mit Hilfe des F-Tests durchgeführt (Tab. 3).

	Regressionsgerade	F	p
D ₁	$y = 1.0122 x - 6.0748$	2.292	<0.05
D ₂	$y = 0.4501 x - 1.8764$	0.9744	n. s.
D ₃	$y = 1.0602 x - 6.5974$	3.6152	<0.01

Tab. 3: Überprüfung der Linearität der Regressionsgeraden für D₁, D₂ und D₃
(F-Wert u. Signifikanz bei 7 und 114 Freiheitsgraden,
y = Fruchtsackdurchmesser, x = Schwangerschafts-
woche)

Nach diesem Ergebnis erscheint es nicht angemessen, ein gleichmäßig-lineares Wachstum anzunehmen, wobei sich auch beim Durchmesser D₂ trotz nicht signifikantem F-Test per Augenschein eine ähnliche Tendenz wie bei den anderen Durchmessern abzeichnet.

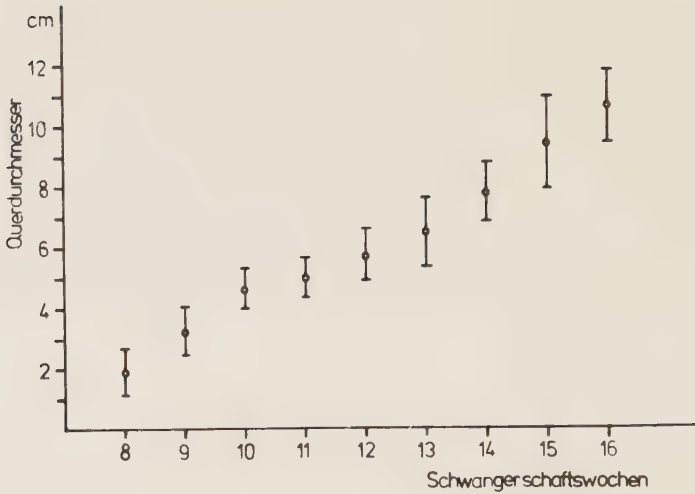


Abb. 6: Querdm. des Fruchtsackes in den einzelnen Schwangerschaftswochen
Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichung $\pm 1s$ bei 123 Messungen

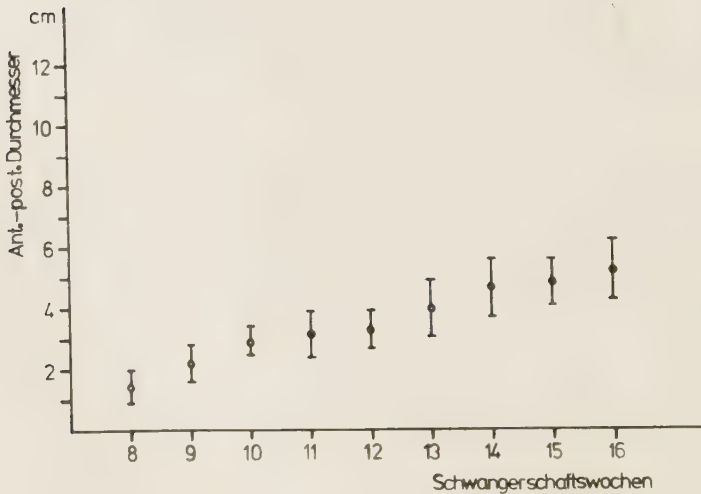


Abb. 7: Ant.-post. Durchmesser des Fruchtsackes in den einzelnen Schwangerschaftswochen
Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichung $\pm 1s$ bei 123 Messungen

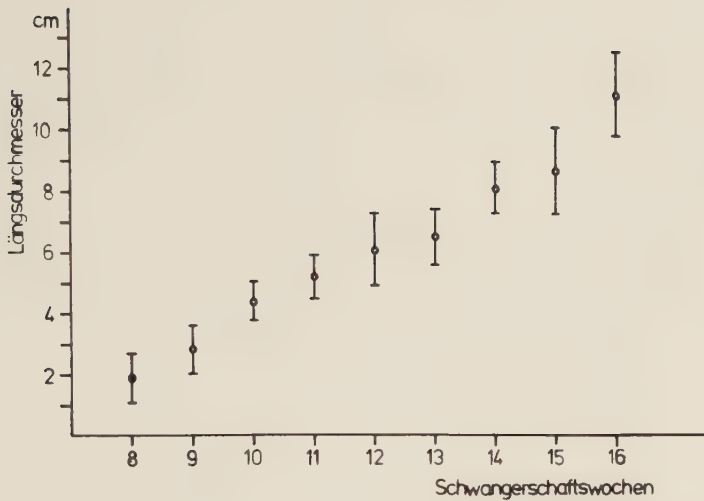


Abb. 8: Längsdurchmesser des Fruchtsackes in den einzelnen Schwangerschaftswochen
Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichung $\pm 1s$ bei 123 Messungen

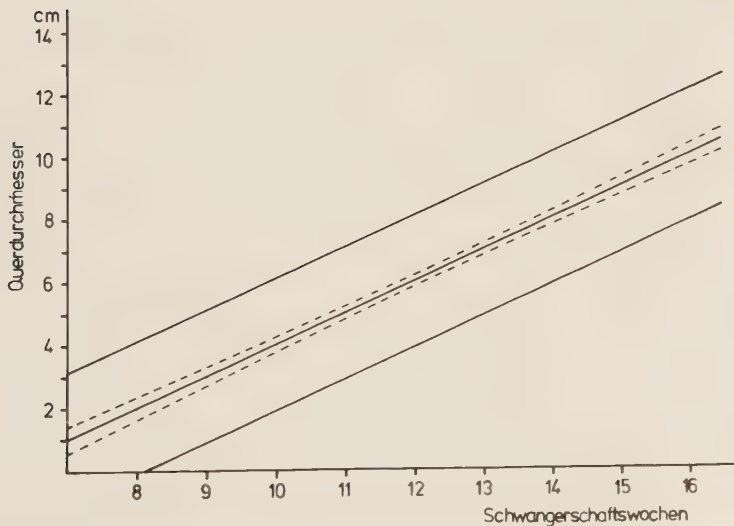


Abb. 9: Regression des Fruchtsackquerdurchmessers zur Schwangerschaftswoche ($y = 1.01x - 6.07$)
95 % Vertrauensbereich für die Gerade (---)
95 % Vertrauensbereich für eine neue Beobachtung (____) bei 123 Messungen

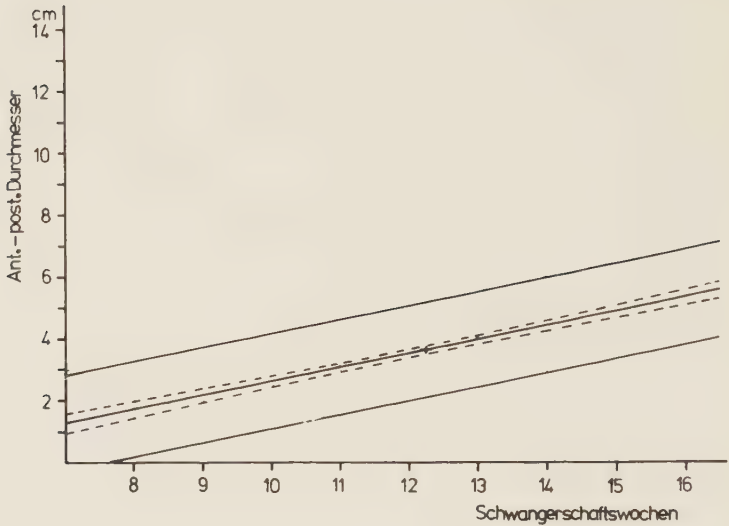


Abb. 10: Regression des ant.-post. Fruchtsackdurchmessers zur Schwangerschaftswoche ($y = 0.45x - 1.88$)
95 % Vertrauensbereich für die Gerade (---)
95 % Vertrauensbereich für eine neue Beobachtung (—)

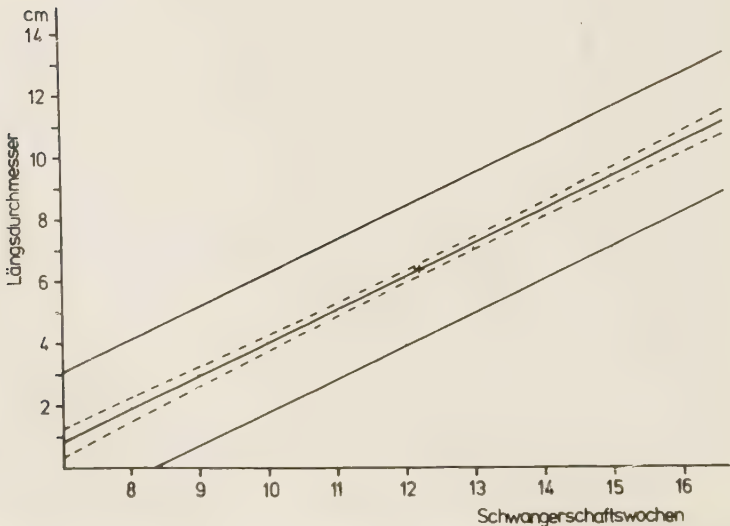


Abb. 11: Regression des Fruchtsacklängsdurchmessers zur Schwangerschaftswoche ($y = 1.06x - 6.60$)
95 % Vertrauensbereich für die Gerade (---)
95 % Vertrauensbereich für eine neue Beobachtung (—)
bei 123 Messungen

2. Längsschnittsanalyse

Auskunft über das Wachstumsverhalten des Fruchtsackes gewinnt man durch Untersuchungen an derselben Schwangeren in Abständen von 1 oder 2 Wochen. An 14 Schwangeren wurden daher Serienuntersuchungen des Fruchtsackes vorgenommen und aus den individuellen Regressionsgeraden eine gemeinsame für jeden Durchmesser bestimmt (Abb. 12 - 14). Die gemeinsamen Regressionsgeraden stimmen in hohem Maße mit den aus der Querschnittsuntersuchung ermittelten Regressionsgeraden überein.

Das Wachstumsverhalten der verschiedenen Durchmesser wurde mit Hilfe des Zeichentests geprüft, obwohl die verbundene Anwendung des Tests streng genommen nicht zulässig ist. Da der Zeichentest allerdings geringe Mächtigkeit aufweist, erscheint das Verfahren als Orientierung angemessen. Der Vergleich der individuellen Regressionskoeffizienten (Tab. 4) ergibt, daß der Querdurchmesser D_1 stärker wächst als der ant.-post. Durchmesser D_2 ($p < 0.01$). Ebenso ist der Zuwachs von D_3 größer als von D_2 ($p < 0.01$) und es ist per Augenschein eine Andeutung da, daß der Längendurchmesser stärker wächst als der Querdurchmesser.

Die Analyse des Fruchtsackwachstums bei jeder einzelnen Schwangeren zeigt, daß nur in 5 Fällen ein Wachstum des Fruchtsackes in allen 3 Durchmessern und zu allen Zeitpunkten vorhanden war. Bei den anderen 9 Schwangeren wurde bei insgesamt 49 Untersuchungen in 20 Fällen ein Stillstand des Wachstums in einer, vereinzelt auch in zwei Ebenen festgestellt, während die anderen Durchmesser an Größe zunahmen.

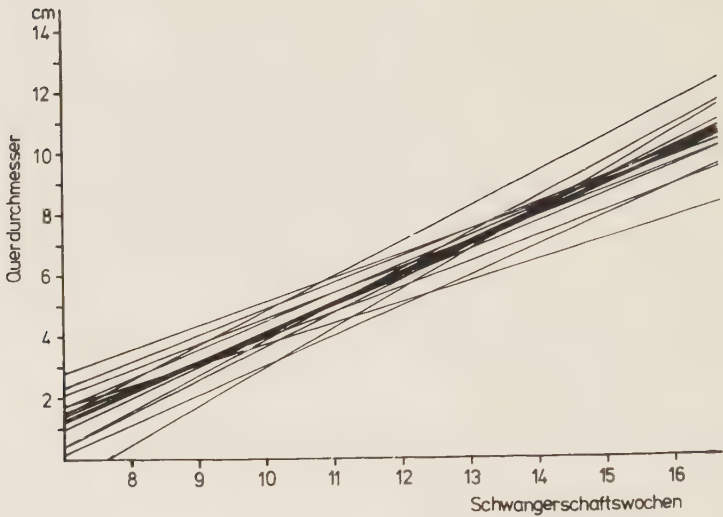


Abb. 12: 14 Einzelregressionen und die gemeinsame Regressions-
gerade des queren Fruchtsackdurchmessers
($y = 0.964 x - 5.5549$)
74 Messungen an 14 Schwangeren

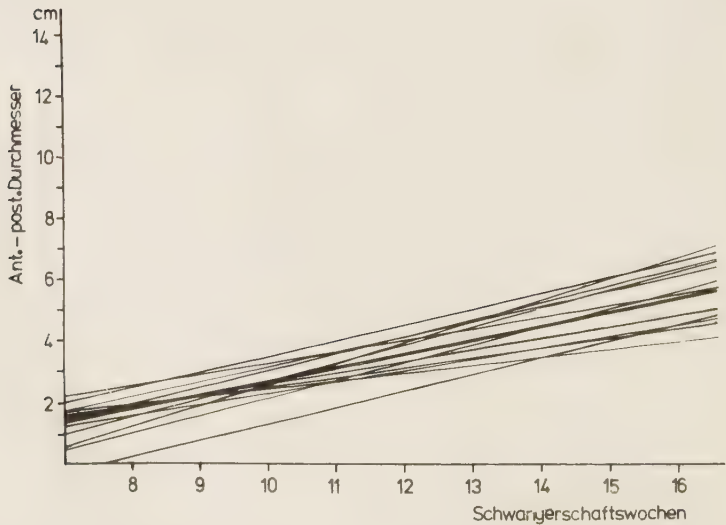


Abb. 13: 14 Einzelregressionen und die gemeinsame Regressions-
gerade des ant.-posterioren Fruchtsackdurchmessers
($y = 0.456 x - 1.8631$)
74 Messungen an 14 Schwangeren

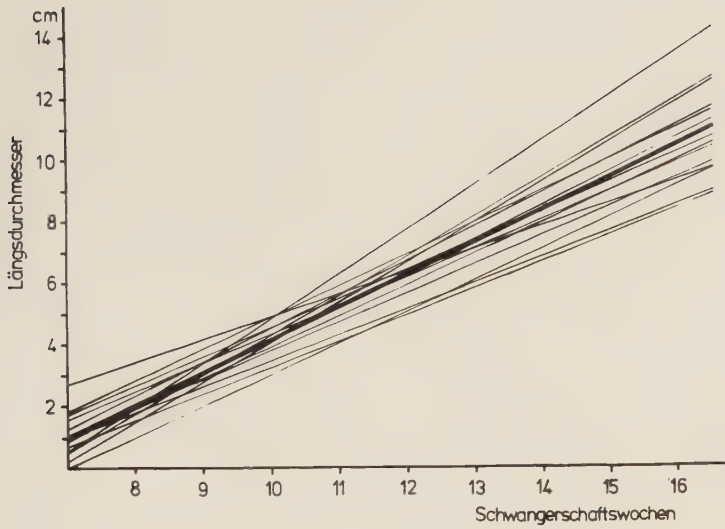


Abb. 14: 14 Einzelregressionen und die gemeinsame Regressions-
gerade des Fruchtsacklängsdurchmessers
($y = 1.066 x - 6.4208$)
74 Messungen an 14 Schwangeren

Pat.Nr.	D_{1B}	D_{2B}	D_{3B}
1	1.1615	0.5435	0.7484
2	0.9172	0.3860	0.9397
3	0.9983	0.3655	0.9612
4	1.2703	0.5911	0.8514
5	0.8486	0.5057	1.3143
6	0.9038	0.2500	1.1154
7	0.6744	0.4837	0.8721
8	1.1250	0.5000	1.4643
9	0.8243	0.3176	1.1081
10	0.9672	0.5348	1.0385
11	0.7714	0.5714	1.0429
12	1.0000	0.3696	1.2989
13	1.0882	0.6770	0.9478
14	0.8183	0.3628	1.0305

Tab. 4: Individuelle Regressionskoeffizienten B für Quer- (D_1), ant.-post.- (D_2) und Längsdurchmesser (D_3) des Fruchtsackes

3. Korrelationen

Die Überprüfung der Abhängigkeit der Fruchtsackgröße von kindlichen und mütterlichen Faktoren wurde für das gesamte Kollektiv der 123 Schwangeren durchgeführt. Die Auswertung der partiellen Korrelationskoeffizienten (Tab. 5) zeigt, daß kein Zusammenhang zwischen Fruchtsackgröße und Alter und Parität der Mutter sowie Geschlecht des Kindes besteht.

Bei der Korrelationsberechnung zwischen Fruchtsackgröße und Geburtsgewicht und Geburtslänge des Kindes wurden die, durch unterschiedliche Tragzeiten bedingten, Gewichts- und Längenunterschiede durch konstante Schwangerschaftsdauer ebenso berücksichtigt, wie die vom Schwangerschaftszeitpunkt abhängige unterschiedliche Fruchtsackgröße durch Konstanthaltung der Schwangerschaftswochen. Es stellte sich dabei heraus, daß eine signifikante Korrelation zwischen Geburtsgewicht des Kindes und Querdurchmesser ($p < 0.05$) und Längsdurchmesser ($p < 0.01$) des Fruchtsackes vorhanden ist, während kein Zusammenhang zwischen Fruchtsackgröße und Geburtslänge zu erkennen ist. Dieses Ergebnis würde bedeuten, daß unter der Voraussetzung gleicher Schwangerschaftsdauer ein zur Zeit der Geburt schweres Kind zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft einen größeren Fruchtsack aufweist als ein vergleichsweise weniger schweres Kind.

	Mutter Alter	Parität	Kind Geschlecht	Gewicht	Länge
D ₁	0.1739	0.0759	-0.1279	0.2214	0.1388
D ₂	0.1094	0.1625	-0.0632	-0.0653	-0.0926
D ₃	0.1055	0.0811	-0.0396	0.2366	0.0796

Tab. 5: Partielle Korrelationskoeffizienten zwischen Fruchtsackgröße (D₁, D₂, D₃) und kindlichen und mütterlichen Parametern, bei Festhaltung von Schwangerschaftswoche der Messung und Schwangerschaftsdauer.

4. Volumenberechnung

Der Volumenberechnung des Fruchtsackes ging die Überlegung voraus, daß die Form des Fruchtsackes bis zur 7. - 8. Schwangerschaftswoche auf ein kugeliges Gebilde schließen läßt, während er im anschließenden Zeitraum, durch unterschiedliches Wachstum in den 3 Ebenen bedingt, das Aussehen eines Ellipsoids besitzt. Das Volumen eines Ellipsoids läßt sich nach der Formel $V = \frac{4}{3} \pi \cdot a \cdot b \cdot c$ berechnen, wobei a, b und c die senkrecht zueinander stehenden Halbachsen bedeuten.

Indem wir drei senkrecht aufeinander stehende Fruchtsackdurchmesser bestimmt haben, glauben wir uns berechtigt, diese Größen als Achsen eines Ellipsoids zu betrachten und daher das Volumen des Fruchtsackes nach der Formel $V = \frac{\pi}{6} \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot D_3$ zu berechnen. Wir sind uns dabei bewußt, daß die errechneten Werte nur Annäherungsgrößen darstellen.

Aus den für die einzelnen Schwangerschaftswochen berechneten Volumina (Abb. 15) geht hervor, daß das Fruchtsackvolumen von 4 ml in der 8. SSW, über 33 ml in der 10. SSW und 63 ml in der 12. SSW auf 330 ml in der 16. SSW ansteigt. Es zeigt sich deutlich, daß kein linearer Volumenanstieg vorliegt. Auffallend ist auch hier die breite Streuung um die Mittelwerte.

Unter Verwendung der 3. Wurzel aus den Volumina darf man sich keine Besserung der Bestimmung der Schwangerschaftsdauer erhoffen. Die Regressionsgerade der 3. Wurzel aus den Volumina (Abb. 16) zeigt ein ähnliches Bild wie die Regressionsgeraden von D_1 und D_3 .

Bei der Korrelationsberechnung stellt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Fruchtsackvolumen und kindlichem Geburtsgewicht heraus ($p < 0.05$).

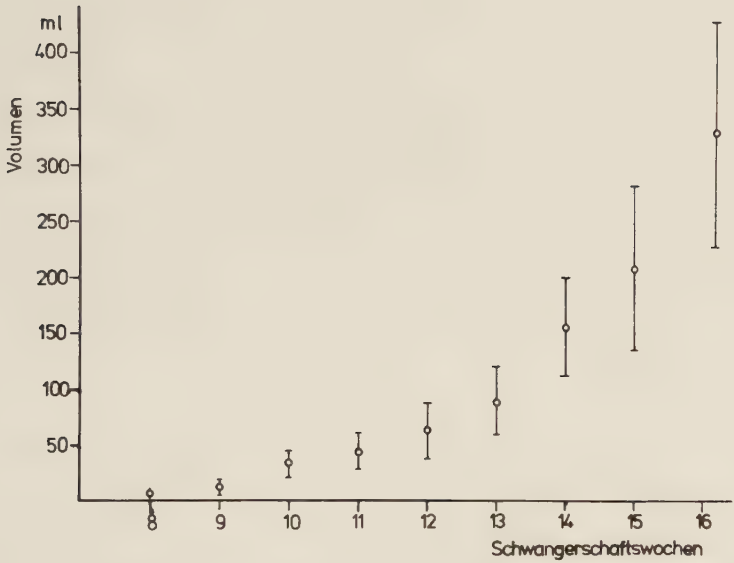


Abb. 15: Fruchtsackvolumen in den einzelnen Schwangerschaftswochen
Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichung $\pm 1s$ bei 123 Messungen.

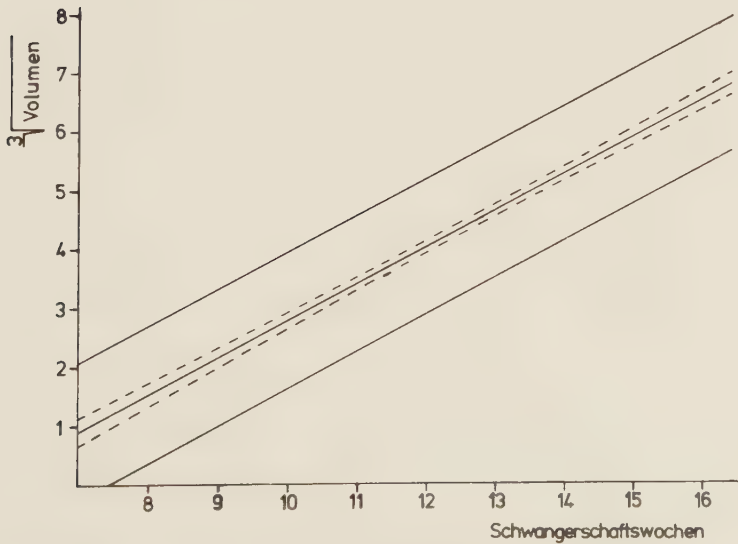


Abb. 16: Regression der 3. Wurzel des Fruchtsackvolumens zur Schwangerschaftswoche
($y = 0.634x - 3.5533$)

D. DISKUSSION

In der Zeit der Frühschwangerschaft kommt dem Erkennen und der Größenvermessung des Fruchtsackes eine große Bedeutung als diagnostischem Kriterium zu. Während dieser Zeit der Gestation gibt es kaum einen anderen Beweis für die Tatsache des Vorhandenseins einer sich entwickelnden Frucht. Die klinischen Zeichen und hormonanalytischen Befunde dürfen letzten Endes nur als Hinweis für eine Schwangerschaft gewertet werden.

Eine morphologisch eindeutige Definition der Ultraschallbilder des Fruchtsackes liegt nicht vor. Es darf aber nach der allgemeinen Auffassung angenommen werden (LEVI, 1972), daß die im Ultraschall sichtbare Begrenzung zunächst vom Chorion und der Dezidua und erst zu einem späteren Zeitpunkt von der Amnionhöhle gegeben wird. Folglich wird dieses Gebilde als Amnionhöhle, Fruchtblase, Sac ovulaire, am besten aber als Fruchtsack oder Gestationssack bezeichnet. Von einigen Autoren werden Messungen des Fruchtsackes schon ab der 5. - 6. Schwangerschaftswoche durchgeführt (HELLMAN, 1969; JOUPPILA, 1972; KOHORN, 1974 u. HOFFBAUER, 1970). Da der Amnionsack zu diesem frühen Gestationszeitpunkt aber wesentlich kleiner als die Meßergebnisse ist, muß festgestellt werden, daß die Konturen des echoarmen Fruchtsackes zu diesem Zeitpunkt nicht die Amnionhöhle sondern die Begrenzung der größeren Chorionhöhle darstellen (HANSMANN, 1974). Erst in der 11. - 12. Schwangerschaftswoche p.m. (= 9. - 10. Embryonalwoche) hat die Amnionhöhle durch rasches Wachstum die Chorionhöhle verdrängt und füllt zu diesem Zeitpunkt auch das gesamte Uteruscavum aus (LANGMAN, 1970). Von diesem Zeitpunkt an stellt also die Amnionhöhle das morphologische Äquivalent des Fruchtsackes dar.

Die Form des Fruchtsackes entspricht bis zur 7. - 8. SSW einem kugeligen, später einem ellipsoiden Gebilde, welches im Ultraschallbild als ringförmige oder ovale Struktur sichtbar wird und als typisches Kennzeichen einer intakten Frühschwangerschaft beschrieben wurde (ABDULLA, 1969; DONALD, 1969; HOLLÄNDER, 1972; LEVI, 1972). Formveränderungen des Fruchtsackes, wie unscharfe Begrenzung, Ent-rundung oder Fragmentierung, werden im Rahmen der Abortdiagnostik als Hinweis auf eine Störung der Schwangerschaft gedeutet (MEYEN-BURG, 1973; VARMA, 1972; HELLMAN, 1972).

Quantitative Fruchtsackuntersuchungen wurden von HELLMAN (1969), HOFFBAUER (1970), JOUPPILA (1971), HOLLÄNDER (1972), REINOLD (1972), WEISS (1973) und KOHORN (1974) durchgeführt. Übereinstimmend wurde eine starke Abhängigkeit der Fruchtsackgröße von der Schwangerschaftsdauer festgestellt. Auch die von uns ermittelten Korrelationskoeffizienten zwischen Fruchtsackdurchmesser und Schwangerschaftswoche ($R_{D1;SSW} = 0.93$; $R_{D2;SSW} = 0.83$; $R_{D3;SSW} = 0.93$) bestätigen diesen, wohl zu erwartenden, Zusammenhang.

Beim Versuch, die eigenen Ergebnisse mit denen der o.g. Autoren zu vergleichen, ergeben sich insofern Schwierigkeiten, als keine einheitliche Technik und Methode angewandt wurde. So bestehen Unterschiede hinsichtlich der Apparatur, des Untersuchungszeitraums und der Meßstrecken. HELLMAN (1969), JOUPPILA (1972) und KOHORN (1974) benutzten Speichergeräte mit langsamem Bildaufbau und konnten damit eine klare Begrenzung des Fruchtsackes nur bis zur 11. Schwangerschaftswoche erkennen. Als Ursache für den Verlust der scharfen Begrenzung wird die Fusion von Decidua capsularis und parietalis genannt. Ihre Untersuchungen erstrecken sich folglich auf den Zeitraum zwischen 5. und 10. bzw. 11. Schwangerschaftswoche. Als Kriterium der Fruchtsackgröße wählte man einen mittleren Durchmesser, der sich bei HELLMAN (1969) aus dem größten Querdurchmesser sowie dem größten

und kleinsten Durchmesser im Längsschnittbild errechnete, während JOUPPILA (1972) und KOHORN (1974) ihn aus dem größten und kleinsten Durchmesser im Längsschnitt bestimmten.

HOFFBAUER (1970), HOLLÄNDER (1972), REINOLD (1972) und WEISS (1973) führten ihre Untersuchungen mit dem VIDOSON-Gerät durch. Mit diesem Gerät ist es offenbar auch über die 11. Schwangerschaftswoche hinaus leichter möglich, eine deutliche Fruchtsackbegrenzung zu erkennen, wenn auch die Helligkeit der Fruchtsackstruktur abnimmt. Der Untersuchungszeitraum reichte daher von der 6. bzw. 8. bis zur 14. (HOLLÄNDER, 1972), 15. (WEISS, 1973) und 20. Schwangerschaftswoche (REINOLD, 1972). Während HOLLÄNDER (1972) einen arithmetischen Mittelwert aus zwei senkrecht zueinander stehenden Durchmessern im Querschnittsbild und dem größten Längsdurchmesser bildete, beschrieb REINOLD (1972) die Größe von drei Einzeldurchmessern (Breite, Dicke und Länge des Fruchtsackes). Auf welche Größen sich die Angaben von HOFFBAUER (1970) und WEISS (1972) beziehen, geht aus deren Arbeiten nicht eindeutig hervor.

Berücksichtigt man die methodischen Unterschiede, so läßt sich anhand der Mittelwerte für den Quer-, ant.-post.- und Längsdurchmesser sagen, daß die von uns beobachteten Fruchtsackgrößen bis zur 10. Schwangerschaftswoche durchwegs etwas unterhalb der von den anderen Autoren genannten Mittelwerte liegen, sich dabei aber immer noch innerhalb des 95%-Bereiches bewegen. Ab der 10. Schwangerschaftswoche liegt hohe Übereinstimmung mit den für diesen Zeitraum gemachten Angaben der genannten anderen Autoren vor.

Die von uns beobachtete starke Streuung der Ergebnisse um den Mittelwert kann auch bei HOLLÄNDER (1972) und REINOLD (1972) festgestellt werden. LEVI (1972), HELLMAN (1969) und JOUPPILA (1972) weisen hingegen auf geringe Abweichungen von der mittleren Fruchtsackgröße hin.

Daraus folgert LEVI (1972), daß bei unbekanntem letztem Menstruationstermin das Alter der Schwangerschaft bis auf eine Abweichung von maximal einer Woche aus der Fruchtsackgröße bestimmt werden kann.

HOLLÄNDER (1972) beschreibt, daß bei intakter Gravidität das Schwangerschaftsalter aus der Fruchtsackgröße mit 68 % Wahrscheinlichkeit bis auf eine Woche genau ermittelt werden kann. Den eigenen Ergebnissen nach erscheint ein Rückschluß von der Größe des Fruchtsackdurchmessers auf die Schwangerschaftswoche nur bedingt geeignet, da es möglich ist, einen gemessenen Wert nicht nur einer Schwangerschaftswoche zuzuordnen.

Unsere Beobachtung, daß zwischen Fruchtsackgröße und Schwangerschaftsdauer kein linearer Zusammenhang besteht, wurde bei den Fruchtsackuntersuchungen der anderen Autoren nicht registriert. JOUPPILA (1972), HELLMAN (1969) und KOHORN (1974) betonen vielmehr die lineare Abhängigkeit der Fruchtsackgröße von der Schwangerschaftsdauer. Die von uns beobachtete Phase eines verzögerten Wachstums zwischen der 10. und 13. Schwangerschaftswoche liegt aber schon außerhalb des von den o.g. Autoren beobachteten Zeitraumes zwischen 5. und 10. SSW, so daß ein lineares Wachstum bis zur 10. SSW nicht auszuschließen ist. HOLLÄNDER (1972) beschreibt ein lineares Wachstum des Fruchtsackes bis zur 14. SSW. Von einer Überprüfung der Linearität wurde allerdings nicht berichtet. Eine von REID (1962) veröffentlichte Kurve über die anatomischen Maße des Chorionsackes in Abhängigkeit von der Schwangerschaftswoche läßt bis zur 9. SSW einen kontinuierlichen Anstieg erkennen, während zwischen 9. und 11. SSW eine Wachstumsverzögerung eintritt. Berücksichtigt man die zu Beginn der Diskussion dargelegten Ausführungen über das morphologische Substrat des Fruchtsackes in der Frühschwangerschaft, so fällt auf, daß die von uns und auch von REID (1962) beobachtete Phase der Wachstumsverzögerung in die Zeit fällt, in der sich die bis dahin kleine Amnionhöhle stark ausdehnt, um sich dem

Chorion schließlich von innen anzulegen und damit selbst die Begrenzung des Fruchtsackes zu bilden.

Zusammenfassend könnte man sagen, daß die Fruchtsackgröße bis zur 10. Schwangerschaftswoche durch das möglicherweise kontinuierliche Wachstum (HELLMAN, 1969; JOUPPILA, 1972; KOHORN, 1974) des echogebenden Chorionsackes charakterisiert ist. In einer Übergangsphase, in der sich die Amnionhöhle wahrscheinlich auf Kosten der Chorionhöhle stark ausdehnt, ist nur ein langsames Wachstum des Chorions und damit des Fruchtsackes festzustellen. Ab der 12. Schwangerschaftswoche nimmt der Fruchtsack durch das Wachstum der nun echogebenden Amnionhöhle wieder stärker zu.

Auch wenn wir wissen, daß der Fruchtsack nicht kontinuierlich wächst, so wird aus den in Quer- und Längsanalyse ermittelten und dabei in hohem Maße übereinstimmenden Regressionsgeraden der einzelnen Fruchtsackdurchmesser doch deutlich, daß der durchschnittliche wöchentliche Zuwachs von Quer- und Längsdurchmesser mit 1 cm genau doppelt so groß ist wie die wöchentliche Steigerung des ant.-post.-Durchmessers um 0.5 cm. Das diskrepante Verhalten des ant.-post.-Durchmessers könnte mit der anatomisch bedingten begrenzten Ausdehnungsfähigkeit der wachsenden Gebärmutter zur Wirbelsäule hin beim aufrechten Gang des Menschen erklärt werden. Diese Größenangaben decken sich annähernd mit dem errechneten wöchentlichen Zuwachs von 0.7 cm (HELLMAN, 1969; KOHORN, 1974) bzw. 0.6 cm (JOUPPILA, 1972) eines mittleren Fruchtsackdurchmessers, dem das arithmetische Mittel aus Längs- und ant.-post.-Durchmesser am nächsten kommt.

Wie sich anhand der Verlaufsuntersuchungen an 14 Schwangeren herausstellte, kann es zu zeitweiligem Stillstand des Fruchtsackwachstums kommen. Auch KOHORN (1974) berichtete von einer Patientin, deren Fruchtsack in der 6. SSW der Schwangerschaftsdauer entsprach, zwischen 9. und 10. SSW zu klein war und in der 11. SSW wieder zur Norm zurückkehrte. Ein zeitweises Gleichbleiben der Fruchtsackgröße stellte

REINOLD (1972) anhand von Verlaufskurven von 5 Schwangeren fest. Es wird damit erkennbar, daß die einmalige Messung eines für die Schwangerschaftsdauer zu kleinen Fruchtsackes nicht automatisch eine Störung der Schwangerschaft bedeutet. In einem solchen Fall sollte im Abstand von einer oder zwei Wochen (STOCKER, 1975) eine Kontrolluntersuchung stattfinden, wobei wir empfehlen, den Fruchtsack in allen drei Dimensionen auszumessen, um so einen Wachstumsstillstand in nur einer Ebene von einer Wachstumsretardierung des gesamten Fruchtsackes zu unterscheiden. Erst im letzten Fall muß mit einer gestörten Gravidität gerechnet werden.

Der Frage, welcher Durchmesser größeren Aussagewert über die Fruchtsackgröße besitzt und damit für den klinischen Gebrauch zu empfehlen ist, wurde deshalb nachgegangen, weil die Meinungen hierüber geteilt sind. Während KOHORN (1974) und HOFFBAUER (1970) aus dem Längsdurchmesser bessere Auskünfte erwarten, sieht REINOLD (1972) in dem Querdurchmesser den geeigneten Parameter. Der Vergleich der drei Durchmesser hinsichtlich ihres Wachstumsverhaltens ergab, daß der ant.-post. Durchmesser wegen seiner geringen Größenzunahme für den klinischen Gebrauch nicht geeignet erscheint. Längs- und Querdurchmesser zeigen annähernd gleichstarkes Wachstum und gleiche Sigmabereiche, so daß keine Bevorzugung eines Durchmessers zu empfehlen ist. Es sei jedoch bemerkt, daß das Aufsuchen des größten queren Durchmessers in der Praxis am besten gelang.

HELLMAN (1969) deutet als erster auf mögliche Zusammenhänge zwischen Fruchtsackgröße und Geschlecht des Kindes oder Rasse der Mutter hin, die bei seiner Untersuchung allerdings unberücksichtigt blieben. JOUPPILA (1972) verglich die Fruchtsackgröße von Erst- und Mehrgebärenden und konnte dabei keinen signifikanten Unterschied ($p > 0.05$) zwischen beiden Gruppen finden. Auch die von uns berech-

neten Korrelationen ergaben keinen Anhalt für einen signifikanten Zusammenhang zwischen Fruchtsackgröße und Parität der Frau. Hingegen könnte die signifikante Korrelation zwischen Fruchtsackgröße und kindlichem Geburtsgewicht für die Früherkennung von Kindern diabetischer Mütter Bedeutung erlangen; besagt doch diese Korrelation, daß - unter der Voraussetzung gleicher Schwangerschaftsdauer - Kinder mit höherem Geburtsgewicht zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft, also auch zwischen der 8. und 16. SSW, einen größeren Fruchtsack beanspruchen. Es muß jedoch einer Untersuchung eines geeigneten Patientengutes vorbehalten bleiben, die Richtigkeit einer solchen Überlegung zu beweisen oder zu widerlegen.

Über Volumenbestimmungen des Fruchtsackes sind uns keine Angaben bekannt. Wir sind uns auch bewußt, daß solche Berechnungen strenggenommen nur hypothetisch sein können, da eine Überprüfung der Ergebnisse praktisch nicht durchführbar ist. Der Versuch erscheint uns trotzdem angebracht, da ähnliche, auch von stereometrischen Modellen ausgehende Volumenbestimmungen der Plazenta (HELLMAN et al., 1970) hohe Übereinstimmung der berechneten mit den wahren Größen ergab. Der Vergleich unserer Fruchtsackvolumenberechnungen mit Volumenmessungen der Amnionflüssigkeit, welche nach Hysterektomie wegen indizierten Schwangerschaftsabbruches vorgenommen wurden, ergab einige Übereinstimmungen. So wurde zum einen nachgewiesen, daß die Volumenzunahme nicht linear erfolgt (ABRAMOVICH, 1970; SMITH, 1971). SMITH (1971) beschreibt einen geringen Volumenanstieg von 37 ml in der 10. SSW auf 97 ml in der 14. SSW, dem dann ein rascher Anstieg auf 178 ml in der 16. SSW folgt. Daß die absoluten Volumengrößen unterhalb der von uns berechneten Volumina liegen, ist zu erwarten, da das Fruchtsackvolumen immer um das Volumen des Feten größer als das reine Flüssigkeitsvolumen ist. Außerdem wurde in sämtlichen Arbeiten die große Streubreite der Volumina

betont (WAGNER u. FUCHS, 1962; RHODES, 1966; ABRAMOVICH, 1968 und 1970; SMITH, 1971). Wegen dieser, auch von uns beobachteten, großen Streuung ist ein genauerer Rückschluß aus dem Fruchtsackvolumen oder deren 3. Wurzel auf die Schwangerschaftsdauer nicht zu erwarten.

Hinsichtlich der von REINOLD (1972) beschriebenen Spontanaktivität steht dem Feten in der 8. - 9. SSW nur ein sehr kleiner Raum zur Verfügung. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch nur gelegentlich Zeichen fetaler Bewegungen beobachtet, während dies ab der 10. SSW immer möglich war. Von der 10. bis zur 13. Schwangerschaftswoche steigt das Volumen nur langsam an, um danach erheblich an Größe zuzunehmen. Diese Größenverhältnisse lassen sich mit entwicklungsgeschichtlichen Vorgängen in Einklang bringen. Während die Embryonalperiode (4. bis 8. Entwicklungswoche = 6. bis 10. SSW) der Differenzierung der Keimblätter und der Ausbildung der Körperform dient, so ist die anschließende Fetalperiode durch schnelles Wachstum gekennzeichnet (LANGMAN, 1970). Dem wachsenden Feten steht dann auch ein größerer Raum zur Verfügung.

E. ZUSAMMENFASSUNG

An 123 Schwangeren mit normalem Schwangerschaftsverlauf wurde der Fruchtsack in 3 Dimensionen vermessen und die Mittelwerte für Quer-, Längs- und ant.-post. Durchmesser zwischen der 8. und 16. Schwangerschaftswoche bestimmt. Dabei war kein linearer Anstieg des Größenwachstums zu erkennen, aber eine Wachstumsverzögerung zwischen der 10. und 13. SSW. Auch die Überprüfung der für jeden Durchmesser berechneten Regressionsgeraden hinsichtlich ihrer Linearität ergab keinen linearen Zusammenhang zwischen Fruchtsackgröße und Schwangerschaftswoche. Ein Rückschluß von der Fruchtsackgröße auf die Schwangerschaftswoche ist wegen der großen Sigma-bereiche nur bedingt möglich.

An 14 Schwangeren wurde der Fruchtsack an 5 - 7 Zeitpunkten vermessen, um das Wachstumsverhalten zu beobachten. Dabei wurde deutlich, daß ein zeitweiser Wachstumsstillstand auch bei normalem Schwangerschaftsverlauf vorkommen kann. Der Vergleich des Wachstumsverhaltens der 3 Durchmesser zeigt, daß der ant.-post. Durchmesser wegen seiner geringen Größenzunahme für den klinischen Gebrauch nicht geeignet ist. Quer- und Längsdurchmesser kommt dagegen gleich hoher Aussagewert über die Fruchtsackgröße zu.

Korrelationsberechnungen zwischen Fruchtsackgröße und mütterlichen Faktoren wie Alter und Parität und kindlichen Parametern wie Geschlecht, Geburtsgewicht und Geburtslänge ergaben einzig einen signifikanten Zusammenhang zwischen Fruchtsackgröße und kindlichem Geburtsgewicht.

Die Beobachtung, daß der Fruchtsack bis zur 7. - 8. SSW eine kugelige, danach ellipsoide Gestalt hat, gab Anlaß zur Berechnung des

Fruchtsackvolumens anhand des stereometrischen Modells eines Ellipsoids. Die dabei ebenfalls beobachtete starke Streuung um die Mittelwerte erlaubt keinen genaueren Rückschluß des Schwangerschaftsalters aus dem Fruchtsackvolumen oder deren 3. Wurzel. Durch Zunahme des in der 8. und 9. Schwangerschaftswoche sehr kleinen Fruchtsackvolumens wird dem ab der 11. SSW schnell wachsenden Feten ein ausreichender Raum für Spontanaktivität zur Verfügung gestellt.

F. LITERATURVERZEICHNIS

1. ABRAMOVICH, D.R. The volume of amniotic fluid
in early pregnancy.
J. Obstet. Gynaec. Brit. Cwlth. 75
(1968), 728
2. ABRAMOVICH, D.R. Fetal factors influencing the volume
and composition of liquor amnii.
J. Obstet. Gynaec. Brit. Cwlth. 77
(1970), 865
3. ABDULLA, U. Sonar in very early pregnancy.
1. Weltkongreß über Ultraschall-
diagnostik in der Medizin, Wien 1969
4. ABRAMOWSKI, P. u.
KOPECKY, P. Zur Ultraschalldiagnostik der Hinter-
wandplazenta unter Berücksichtigung
von Phantomversuchen.
Geburtsh. u. Frauenheilk. 29 (1969),
745
5. ANDREWS, D.S. Ultrasonography in pregnancy - an
enquiry into its safety.
Brit. J. Radiol. 37 (1964), 185
6. BARTON, J.J. Evaluation of the Doppler shift prin-
ciple as a diagnostic aid in obstetrics.
Amer. J. Obstet. Gynec. 102 (1968),
563
7. BERGMANN, L. Der Ultraschall.
6. Auflage Hirzel Verlag Stuttgart
1954
8. BERNSTINE, R.L. u.
CALLAGAN, D.A. Ultrasonic Doppler inspection of
the fetal heart.
Amer. J. Obstet. Gynec. 95 (1966),
1001
9. BOYD, E.,
ABDULLA, U. u.
DONALD, I. Chromosome breakage and ultra-
sound.
Br. Med. J. 2 (1971), 501

10. BRETTSCHEIDER, H. Studien zur biologischen Wirkung des
Ultraschalls auf die lebende Zelle.
Strahlentherapie 83 (1950), 517
11. BRETTSCHEIDER, H. Die Wirkung des Ultraschalls auf die
Entwicklung des Hühnchens und des
Froscheies.
Strahlentherapie 83 (1952), 517
12. DOCUMENTA GEIGY Wissenschaftliche Tabellen
7. Aufl. Geigy, Basel 1971
13. DONALD, I.,
 MACVICAR, J. u.
 BROWN, T.G. Investigations of abdominal masses
by pulsed ultrasound.
Lancet 1 (1958), 1188
14. DONALD, I. u.
 BROWN, T.G. Demonstration of tissue interfaces
within the body by ultrasonic
echo sounding.
Brit. J. Radiol. 34 (1961), 539
15. DONALD, I. Ultrasonics and other electronic
techniques. Clinical application of
ultrasonic techniques in obstetrical
and gynaecological diagnosis.
J. Obstet. Gynaec. Brit. Cwlth. 69
(1962), 1036
16. DONALD, I. Ultrasonic echo sounding in obstetri-
cal and gynaecological diagnosis.
Amer. J. Obstet. Gynec. 93 (1965),
935
17. DONALD, I. u.
 ABDULLA, U. Ultrasonics in obstetrics and gynaecology
Brit. J. Radiol. 40 (1967), 604
18. DONALD, I. Sonar as a method of studying
prenatal development.
J. Pediat. 75 (1969), 326
19. FRISCHKORN, R. Hat die Röntgendiagnostik in der
Schwangerschaft noch ihre Berechtigung?
Geburtsh. u. Frauenh. 33 (1973),
125

20. HANSMANN, M. Kritische Bewertung der Leistungsfähigkeit der Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe heute. Gynäkologe 7 (1974), 26
21. HANSMANN, M., et al. Biometrische Daten des Feten. In: Saling E., J.W. Dudenhausen: Perinatale Medizin, Bd. III, Thieme, Stuttgart 1972, 136
22. HELLMAN, L.M., KOBAYASHI, M., FILLISTI, L. u. LAVENHAR, M. Growth and development of the human fetus prior to the twentieth week of gestation. Amer. J. Obstet. Gynec. 103 (1969), 789
23. HELLMAN, L.M., DUFFUS, G.M., DONALD, I. u. SUNDEN, B. Safety of diagnostic ultrasound in obstetrics. Lancet 1 (1970), 1133
24. HELLMAN, L.M., KOBAYASHI, M., TOLLES, W.E. u. CROMB, E. Ultrasonic studies on the volumetric growth of the human placenta. Amer. J. Obstet. Gynec. 108 (1970), 740
25. HELLMAN, L.M., KOBAYASHI, M. u. CROMB, E. Ultrasonic diagnostic in embryonic malformation. Amer. J. Obstet. Gynec. 115 (1973), 615
26. HILL, C.R. u. ENG, C. The possibility of hazard in medical and industrial application of ultrasound. Brit. J. Radiol. 41 (1968), 561
27. HINSELMANN, M. Die praktische Bedeutung der Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe. Gynaecologia 165 (1968), 127
28. HINSELMANN, M. Ein neues Ultraschallschnittbildgerät und seine praktische Anwendung in der Geburtshilfe. Gynaecologia 167 (1969), 303

29. HOFFBAUER, H. Die Bedeutung der Ultraschall-diagnostik in der Frühschwangerschaft. Elektromedica 3 (1970), 227
30. HOLLÄNDER, H.J. Die Ultraschalldiagnostik in der Schwangerschaft. Urban u. Schwarzenberg, 1972
31. JOUPPILA, P. Ultrasound in the diagnosis of early pregnancy and its complications. A comparative study of the A-, B- and Doppler methods. Acta Obstet. Gynecol. Scand. Suppl. 15 1971
32. KOHORN, E.I., SECKER WALKER, R.H., MORRISON, J. u. CAMPBELL, S. Placental localization. A comparison between ultrasonic compound B scanning and radioisotopic scanning. Amer. J. Obstet. Gynec. 103 (1969), 868
33. KOHORN, E.I. u. KAUFMAN, M. Sonar in the first trimester of pregnancy. Obstet. and Gynec. 44 (1974), 473
34. KRATOCHWIL, A. Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie. G. Thieme Verlag Stuttgart 1968
35. KRATOCHWIL, A. Die Ultraschall-Plazentalokalisation. Gynaecologia 165 (1968), 308
36. KRAUSE, W. u. SOLDNER, R. Ultraschallbildverfahren (B-scan) mit hoher Bildfrequenz für medizinische Diagnostik. Elektromedica 4 (1967), 8
37. LANGMAN, J. Medizinische Embryologie. G. Thieme Verlag Stuttgart 1970
38. LEVI, S. Diagnostic par ultrasons en Gynécologie et en Obstétrique. Masson & Cie. Edit. Paris 1972
39. LINDNER, A. Statistische Methoden. Birkhäuser Verlag Basel u. Stuttgart, 1964

40. LOCH, E.G. Erste Ergebnisse in der Ultraschall-
diagnostik.
Elektromedica 4 (1969)
41. LOCH, E.G. Ultrasonic tomography in obstetrics
and gynecology.
Advances in Obstet. and Gynec. Vol 51
S. Karger Verlag Basel 1973
42. MACHELEIDT, R. u.
DOIL, R. Möglichkeiten und Ergebnisse der
Ultraschalldiagnostik in der
Geburtshilfe.
Zentralbl. Gynaekol. 3 (1971), 81
43. MACINTOSH, I.J.C. u.
DAVEY, D.A. Chromosome aberrations induced by an
ultrasonic fetal pulse detector.
Brit. Med. J. 4 (1970), 92
44. MEYENBURG, K. Die Ultraschallechographie in
der Abortdiagnostik.
Geburtsh. u. Frauenheilk. 33 (1973),
272
45. PFANZAGL, J. Allgemeine Methodenlehre der Statistik I
Sammlung Göschen Bd. 747/747a
Walter de Gruyter Verlag Berlin 1968
46. REINOLD, E. Das Größenwachstum der Amnionhöhle
in der ersten Hälfte der Gravidität.
Wien. klin. Wschr. 84 (1972), 638
47. REINOLD, E. Clinical value of fetal spontaneous
movements in early pregnancy.
J. Perinat. Med. 1 (1973), 65
48. REID, D.E. A Textbook of Obstetrics.
W.B. Saunders Company, Philadelphia
and London 1962
49. RHODES, P. The volume of liquor amnii in
early pregnancy.
J. Obstet. Gynaec. Brit. Cwlth. 73
(1966), 23

50. ROTT, H.D.,
HUBER, H.J.,
SOLDNER, R.,
SCHWANITZ, G. Chromosomenuntersuchung nach Einwirkung von Ultraschall auf menschliche Lymphozyten in vitro. Elektromedica 1 (1972)
51. SCHLENSKER, K.H. Eine Ultraschallmethode zur Thorakometrie beim Feten. Geburtsh. u. Frauenheilk. 33 (1973), 440
52. SERR, D.M.,
PADEH, B.,
ZAKUT, H.,
SHAKI, R.,
MANNOR, S.M. u.
KALKNER, B. Studies on the effects of ultrasonic waves on the fetus. Second European Congress of Perinatal Medicine, London 1970
53. SMITH, D.L. Amniotic fluid volume. Amer. J. Obstet. Gynec. 110 (1971), 166
54. STOCKER, J.,
DESJARDINS, P. u.
DELEON, A. Ultrasonography: its usefulness and reliability in early pregnancy. A review of 210 cases. Amer. J. Obstet. Gynec. 121 (1975), 1084
55. SUNDEN, B. On the diagnostic value of ultrasound in obstetrics and gynaecology. Acta obstet. gynec. scand. 43 (1964) Suppl. 6
56. TAYLOR, E.S.,
THOMPSON, H.E.,
GOTTESFELD, K.R. u.
HOLMES, J.H. Clinical use of ultrasound in obstetrics and gynecology. Amer. J. Obstet. Gynec. 99 (1967), 671
57. THOMPSON, H.E.,
HOLMES, J.H.,
GOTTESFELD, K.R. u.
TAYLOR, E.S. Fetal development as determined by ultrasonic pulse echo techniques. Amer. J. Obstet. Gynec. 92 (1965), 44
58. THIELE, W.H. Ultraschallwellen und Schwangerschaft. Geburtsh. u. Frauenheilk. 11 (1951), 449

LEBENS LAUF

Am 18.7.1950 wurde ich als Sohn des Rektors Sebastian Weiler und dessen Ehefrau Elisabeth, geb. Saftig, in Polch geboren. Nach Abschluß der 4. Klasse der Volksschule in Kottenheim besuchte ich ab 1961 das Staatliche Neusprachliche Gymnasium Mayen, an dem ich 1969 die Reifeprüfung ablegte. Nach Ableistung eines Teils der Wehrpflicht bei der Bundeswehr begann ich im Sommersemester 1970 das Studium der Medizin an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, an der ich 1971 die naturwissenschaftliche Vorprüfung und 1973 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Im Wintersemester 1973/74 und im Sommersemester 1974 studierte ich an der Universität Wien. Am 16.7.1976 bestand ich die ärztliche Prüfung an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.

Nach jeweils viermonatiger Medizinalassistentenzeit an der Chirurgischen Abteilung des Hildegardiskrankenhauses in Mainz und der Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses in Goslar und sechsmonatiger Tätigkeit an der Geburtshilflich-Gynäkologischen Abteilung des Kreiskrankenhauses in Bad Harzburg wurde mir am 10.11.1977 die Approbation als Arzt erteilt. Vom 1.1.1978 bis 16.9.1978 absolvierte ich die restliche Wehrpflicht als Stabsarzt bei der Bundeswehr und arbeite seit dem 1.10.1978 als Assistenzarzt auf der Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses in Miltenberg. Seit dem 22.9.1978 bin ich mit Irmgard Weiler, geb. Paulu, verheiratet.

Herrn Prof. E. Gitsch danke ich für die freundliche Über-
lassung des Themas der vorliegenden Dissertation.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.Doiz. Dr. E. Reinold
für die hilfreichen Ratschläge bei der Durchführung der Ar-
beit.

Herrn Prof. Dr. A.-W. Schmidt danke ich für die Übernahme
des Referates.

Für die Beratung in statistischen Fragen spreche ich Herrn
Dr. P. Bauer vom Institut für medizinische Statistik Wien
meinen Dank aus.

